



Prof. Chiara Brofferio  
Dipartimento di Fisica "G. Occhialini"

## CURRICULUM VITAE ET STUDIORUM DI CHIARA BROFFERIO

Chiara Brofferio è professore associato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Milano Bicocca dal 1 marzo 2006. E' titolare del corso di "Rivelatori di radiazioni" e del "Laboratorio di Misure Nucleari e Subnucleari" per la Laurea Specialistica in Fisica. In passato è stata titolare del corso di "Introduzione alla Fisica Nucleare" e del corso di "Complementi di Fisica ed Astrofisica Nucleare" per la Laurea Triennale in Fisica ed Astronomia, ed è stata responsabile del Laboratorio di Fisica Generale per la Laurea Triennale in Scienze Ambientali. E' ed è stata relatore di tesi di Laurea Triennale e Specialistica in Fisica, è stata membro della Commissione Didattica del corso di laurea (triennale e specialistica) in Fisica nel triennio 2004-2006 ed è membro del Collegio dei Docenti di Dottorato di Milano-Bicocca dal 1998.

Svolge esperimenti di fisica delle particelle senza acceleratori, basati sull'uso di bolometri, presso la sezione di Milano-Bicocca dell'INFN e presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, con particolare riguardo alla ricerca del Doppio Decadimento Beta. Ha contribuito a portare i bolometri ad un elevatissimo livello di precisione, realizzando rivelatori per raggi X e per particelle alfa con risoluzioni energetiche molto più elevate di quelle ottenibili con rivelatori convenzionali, e a realizzare i più massivi rivelatori bolometrici di raggi gamma. Fin dai primordi ha fatto parte del gruppo leader dell'uso di questa tecnica, oramai tra le più competitive, per esperimenti di studio del decadimento beta singolo e doppio.

Le sue competenze professionali spaziano pertanto dalla tecnologia del vuoto e delle temperature ultra basse alla progettazione, realizzazione, messa in opera ed ottimizzazione di rivelatori criogenici. Ha inoltre ampie competenze nel campo della radioattività naturale e della fisica del neutrino.

Dal 2004 al 2011 è stata coordinatore della parte di progetto, costruzione ed assemblaggio del rivelatore per CUORE, un esperimento di nuova generazione per eventi rari, nonché chair dello Speakers Board dal luglio 2009 a novembre 2011. Da novembre 2011 al maggio 2016 ha ricoperto prima la carica di Deputy Chair e poi di Chair del Collaboration Council. In questi ruoli ha dimostrato competenze organizzative e gestionali non solo all'interno della collaborazione, ma anche nei contatti con le Istituzioni finanziatrici e con ditte esterne. E' stata anche Responsabile Locale di 3 PRIN cofinanziati dal MIUR.

E' referee di riviste scientifiche internazionali e di progetti scientifici finanziati dall'INFN, dal MIUR e dall'NSF americano. E' stata membro del Conseil Scientifique du LPC, Caen (Francia) per il biennio 2006 - 2007 e del PAC dei Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN per il periodo 2015-2021. Ha ricoperto dal 2009 al 2016 il ruolo di Coordinatore della linea Scientifica 2 dell'INFN per la Sezione di Milano-Bicocca.

Ha tenuto relazioni su invito a conferenze internazionali sul Decadimento Doppio Beta e sui rivelatori a basse temperature e sulle loro applicazioni, e numerose presentazioni su invito della propria attività di ricerca. E' autrice o co-autrice di circa 200 articoli su rivista scientifica o proceedings di conferenza, con un h-index di 30 (Scopus).

In fede

Prof. Chiara Brofferio

Milano, 27 ottobre 2022

# Luca Giovanni Carbone

## Curriculum Vitae sintetico

### Novembre 2022

#### Dati anagrafici

Luca Giovanni CARBONE

#### Studi

- **Diploma di Maturità Scientifica** conseguito nell'Anno Scolastico 1982/83 presso il Liceo Scientifico A. Volta di Milano, votazione: **58/60**.
- **Diploma di Laurea in Fisica**, Indirizzo Generale, conseguito nell'Anno Accademico 1988/89 presso l'Università degli Studi di Milano, votazione: **110/110 e lode**. Titolo della tesi (di natura sperimentale): *"Ricerca della Violazione del Numero Leptonico tramite il Decadimento Beta Doppio dello Xenon 136 ai Laboratori Nazionali del GranSasso"*; relatore il Prof. Ettore Fiorini, correlatore il Prof. Enrico Bellotti.
- **Corso di laurea ed attività di tesi**: ho frequentato corsi di Elettronica, Fisica Nucleare e Fisica dello Stato Solido; durante la tesi mi sono dedicato all'ottimizzazione dei parametri di funzionamento del rivelatore impiegato nell'esperimento, con particolare riferimento all'elettronica di interfaccia e al sistema di acquisizione ed elaborazione dati.

#### Servizio militare

Servizio Militare prestato nel periodo Aprile 1990-Luglio 1991, in qualità di **Ufficiale di Complemento** (Sottotenente Ruolo Servizi) dell'Aeronautica Militare presso la Direzione Studi dell'Accademia Aeronautica di Pozzuoli.

#### Esperienze e ruoli professionali

- **Gennaio 1992**: Vincitore del concorso per l'ammissione ai Corsi del Dottorato di Ricerca in Fisica (VII ciclo) presso l'Università degli Studi di Padova; rinuncia al posto in favore di una Borsa di Studio del C.N.R.
- **1992/93**: **Borsista del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Progetto Finalizzato Telecomunicazioni) presso il Centro di Elettronica Quantistica e Strumentazione Elettronica del CNR di Milano**. Attività: sviluppo e caratterizzazione di rivelatori allo stato solido per telecomunicazioni ottiche; sviluppo dell'elettronica di interfaccia; studio dell'emissione luminosa indotta da portatori caldi. Ho rinunciato a proseguire l'attività di ricerca in questo campo in favore di un impiego presso la Sezione INFN di Milano.
- **1994 - 2000**: **Tecnologo presso la Sezione di Milano dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**; amministratore di rete e sistemi, responsabile dei sistemi e servizi di sezione basati su unix.

- **Dal 2001:** responsabile dell'infrastruttura di calcolo dell'INFN presso il Dipartimento. di Fisica G. Occhialini dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca.
- **Gennaio 2005 - Agosto 2006:** Membro effettivo della Commissione Calcolo e Reti e rappresentante della Sezione di Milano;
- **Settembre 2006 - Novembre 2015:** Tecnologo presso la Sezione di Milano Bicocca dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare; Responsabile del Servizio Calcolo e Reti della Sezione INFN di Milano Bicocca; Membro effettivo della Commissione Calcolo e Reti in qualità di rappresentante della Sezione di Milano Bicocca e referee per acquisti Server e Storage (dal 2008);
- **Dicembre 2015 – Dicembre 2020:** Primo Tecnologo presso la Sezione di Milano Bicocca dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare; Responsabile del Servizio Calcolo e Reti della Sezione INFN di Milano Bicocca; Membro effettivo della Commissione Calcolo e Reti in qualità di rappresentante della Sezione di Milano Bicocca e referee per acquisti Server e Storage.
- **Da Gennaio 2021:** Dirigente Tecnologo presso la Sezione di Milano Bicocca dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare; Responsabile del Servizio Calcolo e Reti della Sezione INFN di Milano Bicocca; Membro effettivo della Commissione Calcolo e Reti in qualità di rappresentante della Sezione di Milano Bicocca, Responsabile Sicurezza Informatica INFN (da Febbraio 2022) e referee per acquisti Server e Storage.

## Gianluigi Ezio Pessina CV (2022)

Gianluigi Ezio Pessina è Dirigente Tecnologico presso la Sezione INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) di Milano Bicocca e professore di Elettronica (a contratto) in 2 corsi presso la Facoltà di Fisica dell'Università di Milano Bicocca. Durante la sua carriera, iniziata più di 30 anni fa, ha lavorato (e sta lavorando) allo sviluppo di rivelatori di particelle e sistemi di front-end per esperimenti con e senza acceleratori. In particolare, si è occupati di rivelatori criogenici, principalmente bolometri, rivelatori a deriva in liquido e gas, rivelatori al Germanio e Silicio, tubi fotomoltiplicatori e fotomoltiplicatori al Silicio (SiPM). Ha sperimentato quasi tutti i campi tecnologici dell'Elettronica (qui un breve elenco: elettronica criogenica in Silicio, GaAs e SiGe, elettronica monolitica in GaAs, Silicio, CMOS bipolare, SiGe e HEMT). Realizza/ ha realizzato il front end di numerosi esperimenti (esempi sono MIBETA, CUORE, CUPID, CROSS e DUNE nello studio delle proprietà del neutrino elettronico ed il RICH di LHCb ed il BTL di CMS per gli esperimenti con acceleratori) ed ha fornito report in oltre 150 riunioni di collaborazione, conferenze e relazioni ad invito.

Gianluigi Ezio Pessina risulta autore / coautore di più di 600 documenti pubblicati su riviste internazionali, atti di convegni e relazioni interne. L'h-index di Gianluigi Ezio Pessina è maggiore di 75 con più di 22000 citazioni (fonte SCOPUS).

Gianluigi Ezio Pessina sul web: <http://pessina.mib.infn.it>, [orcid](#), [scopus](#).

Gianluigi Ezio PESSINA

## Curriculum Vitae di Oliviero Cremonesi

### Titoli accademici

- 1987            **Dottorato in Fisica**, Università degli Studi di Milano  
1982            **Laurea in Fisica**, Università degli Studi di Pavia

### Esperienze professionali

- 2006 - oggi    **Dirigente di Ricerca**, INFN Milano Bicocca  
2011            Abilitazione Scientifica Nazionale prima fascia, gruppo A2/01  
1995 - 2005    **Primo Ricercatore**, INFN Milano/Milano Bicocca  
1990 - 1995    **Ricercatore Universitario**, Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Milano  
1989 - 1990    **Ricercatore a tempo determinato**, INFN Milano  
1987 - 1988    **Post-doc**, INFN Milano

### Responsabilità nazionali ed internazionali

- 2020 - oggi    **Presidente** Commissione Scientifica Nazionale 2 dell'INFN  
2012 - 2020    **Spokesperson** della collaborazione internazionale CUORE  
2010 - 2020    **Responsabile Nazionale** per l'INFN dell'esperimento CUORE  
2003 - 2012    **Technical coordinator** dell'esperimento CUORE  
2003 - 2009    **Responsabile Locale** per l'INFN dell'esperimento CUORE per il gruppo di Milano  
1989 - 2003    **Physics and Data Analysis coordinator** del gruppo di Milano per lo sviluppo dei rivelatori cryogenic per la fisica degli eventi rari

### Attività scientifica

- 2005 - oggi    Membro delle collaborazioni **CUORE** e CUORE-0 (Europa- USA-Cina) per la ricerca del doppio decadimento beta del  $^{130}\text{Te}$   
2003 - 2008    Membro della collaborazione **Cuoricino** (Europa-USA) per la ricerca del doppio decadimento beta del  $^{130}\text{Te}$   
1989 - 2011    Membro del gruppo MI-BETA e della collaborazione MARE per la misura diretta della massa del neutrino (spettro  $\beta$  fra  $^{187}\text{Re}$ ) con tecniche microbolometriche  
1986 - 1998    Membro della collaborazione **GALLEX** (Europa-USA-Israele) per la misura del flusso dei neutrini solari  
1985 - 1990    Membro dell'esperimento per la misura del doppio decadimento beta del  $^{136}\text{Xe}$  presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso con una camera multiproportionale a gas ad alta pressione  
1983 - 1986    Membro dell'esperimento per la misura del doppio decadimento beta del  $^{76}\text{Ge}$  presso il Monte Bianco  
1982 - 1983    Membro della collaborazione **NUSEX** (CERN-Italia) per la misura del decadimento del protone

### Membro di comitati scientifici nazionali ed internazionali

- 2014 - oggi    Reviewer per il **DOE** (Department Of Energy, USA) di **esperimenti americani sul decadimento beta doppio** (Majorana, EXO-200)

2013 - 2016	<b>Chair of the CUPID Steering Committee</b>
2010 - 2012	Membro del <b>SP and PS Experiment Committee</b> del CERN
2004 - 2009	Osservatore in CSN3 per CSN2
2006 - 2009	Coordinatore <b>CSN2</b> di Milano Bicocca
2003 - 2006	Coordinatore <b>CSN2</b> di Milano

## Insegnamento

A partire dagli anni 90 prima come ricercatore universitario e poi come ricercatore INFN ho insegnato corsi di fisica generale per studenti del corso di laurea, del corso di dottorato in fisica e del corso di specializzazione in fisica sanitaria.

2012 - oggi	<i>Fisica delle particelle I</i> , corso per la laurea magistrale in fisica Università di Milano-Bicocca
2013 - 2018	Corso monografico sul Doppio decadimento beta, Scuola di dottorato in fisica - Gran Sasso Science Institute, L'Aquila
2009 - 2011	<i>Fisica delle particelle II</i> , corso di laurea magistrale in fisica, Università di Milano-Bicocca
2003 - 2009	<i>Elettronica dei sistemi digitali</i> , corso di laurea magistrale in fisica, Università di Milano-Bicocca
2002 - 2010	<i>Acquisizione ed elaborazione dei segnali</i> , corso di laurea magistrale in fisica, Università di Milano-Bicocca
2000	Elettronica e calcolo, scuola di specializzazione in fisica sanitaria, Università di Milano
1999 - 2000	Esperimentazioni di Fisica II, corso di laurea in fisica Università di Milano
1995 - 2000	Fisica del neutrino: rivelatori di particelle e analisi dati Scuola di fisica, Università di Milano
1994 - 2001	Fisica superiore/Istituzioni di fisica nucleare e subnucleare, corso di laurea in fisica, Università di Milano
1990 - 1995	Esperimentazioni di Fisica II, corso di laurea in fisica, Università di Milano

## Supervisore di tesi e tutor

Sono stato relatore di numerose tesi di laurea e dottorato di studenti delle università di Milano, Milano-Bicocca e GSSI. Alcuni di questi studenti sono oggi ricercatori in importanti istituti di ricerca. Sono stato membro di commissioni nazionali ed internazionali di dottorato oltre che revisore di varie tesi.

## Referee e reviewer

- Reviewer per riviste scientifiche (Physics Letters B, European Physics Journal C,...)
- Referee di numerosi esperimenti per conto della CSN2 dell'INFN
- Reviewer di nuovi progetti per agenzie di finanziamento internazionali (CNRS, DOE, Canadian NSF, USA NSF)

## Esperienze editoriali e pubblicazioni

- Corresponding author di numerosi articoli pubblicati su riviste internazionali
- Coautore di 310 pubblicazioni (1990-2021)
- **h-index** (WoS): **46**
- 8358 citazioni (WoS)

## Principali temi ed attività di ricerca

- Stabilità del nucleone
- Neutrini solari
- Proprietà del neutrino
- Materia oscura
- Eventi rari
- Sviluppo di rivelatori innovativi
- Tecniche di misura e riduzione di contaminazioni radioattive in traccia
- Analisi dati e simulazioni di processi di bassa energia

Fin dall'inizio della mia attività scientifica ho sviluppato un forte interesse per lo studio di nuovi approcci, strumenti e tecniche in grado di soddisfare le esigenze sperimentali tipiche delle ricerche di eventi rari, senza tuttavia perdere mai di vista il fine scientifico di migliorare la sensibilità sperimentale. Dopo essere entrato nella collaborazione NUSEX nel 1982 come laureando, ho dedicato la maggior parte delle attività degli anni successivi allo sviluppo di strategie sperimentali per la fisica degli eventi rari, con particolare riferimento alla fisica del neutrino.

Nel 1983 sono entrato a far parte del piccolo gruppo *Interazioni Deboli* presso l'INFN e l'Università di Milano, cui devo buona parte della mia formazione e che al tempo stava proponendo per la prima volta l'uso di diodi al germanio per la ricerca del doppio decadimento beta del  $^{76}\text{Ge}$ . L'intuizione è stata davvero fruttuosa con due rivelatori installati nel tunnel del Monte Bianco che hanno fornito i migliori risultati di quel periodo ed hanno certamente spianato la strada ad una vera e propria dinastia di proposte che includono i recenti progetti GERDA, Majorana e LEGEND. In questo ambito, oltre ad imparare molte cose della fisica delle basse energie e sviluppare un'attitudine per approcci innovativi, ho contribuito all'installazione e manutenzione dei rivelatori ed ho cominciato a destreggiarmi con l'analisi dei dati e con le prime simulazioni Monte Carlo.

Nel 1986, spinto dal desiderio di estendere il mio interesse per la fisica dei neutrini, sono entrato a far parte di GALLEX, l'esperimento radiochimico basato sul  $^{71}\text{Ga}$  che ha osservato i neutrini solari prodotti nella catena pp e tra i primi ad accedere ai laboratori Nazionali del Gran Sasso, allora in fase di apertura. Ho lavorato allo sviluppo e all'ottimizzazione dei nuovi contatori proporzionali e credo di aver dato un contributo sostanziale all'analisi dei segnali proponendo un nuovo approccio (basato sull'impiego del filtro ottimo) che ha garantito una validazione indipendente del metodo di analisi standard. Nello stesso 1986, con il gruppo di Milano abbiamo installato, sempre al Gran Sasso ma in un bypass autostradale dal momento che i laboratori veri e propri non erano ancora accessibili, una camera multi-proporzionale a Xenon per la ricerca del decadimento beta doppio dello  $^{136}\text{Xe}$ . Anche in questo caso si trattava di uno dei primi approcci alla tecnica e, date le dimensioni limitate dell'esperimento, ciascun ricercatore contribuiva in modo più o meno equivalente a tutti gli aspetti del sistema. Tuttavia anche in questa esperienza ho avuto modo di approfondire i temi di analisi dei dati con l'introduzione di nuove tecniche di studio dei segnali.

Nel 1989, convinto che le mie competenze di analisi dati potessero dare un contributo importante, mi sono unito allo sforzo dei colleghi milanesi, guidato da E. Fiorini, per lo sviluppo di rivelatori di basse temperature. In effetti sono diventato presto il responsabile dell'analisi dei dati e dello sviluppo di tutto il software necessario che è andato crescendo negli anni (grazie ad un contatto diretto e continuo con le attività di laboratorio) e rappresenta a tutt'oggi la base del software di analisi di CUORE e CUPID.

Negli anni '90 le attività milanesi di sviluppo dei bolometri hanno dato origine a due linee di ricerca indipendenti: i micro-bolometri (milligrammi in grammi) per la massa del neutrino e

macro-bolometri (kg) per il decadimento beta doppio. Abbiamo realizzato i primi microbolometri con risoluzioni dell'ordine di 5 eV e dato vita al primo array di cristalli di  $\text{AgReO}_4$  per la misura dello spettro beta del  $^{187}\text{Re}$ . Nell'ambito dei rivelatori di grande massa, siamo giunti a realizzare i primi bolometri con masse di qualche hg e risoluzioni confrontabili con i migliori rivelatori convenzionali e abbiamo realizzato tutta una serie di esperimenti finanziati dall'INFN sotto la sigla MIBETA che sono certamente da considerare gli antesignani dei più recenti Cuoricino e CUORE. Il mio ruolo di coordinatore dell'analisi dei dati e la mia reputazione come responsabile del programma di fisica sono stati in costante aumento in questi anni.

A partire dal 2000 ho iniziato ad assumere anche responsabilità di tipo gestionale. Nel 2003 sono diventato responsabile dei fondi INFN di Cuoricino e CUORE e mi sono rivolto definitivamente ai soli macro-bolometri. Nello stesso anno sono stato nominato coordinatore tecnico di CUORE. Ho mantenuto questa leadership per circa dieci anni, coprendo le fasi di progettazione, preparazione e costruzione dell'esperimento. CUORE ha rappresentato una vera e propria sfida tecnologica caratterizzata da un sistema criogenico di dimensioni senza precedenti. Nel 2010 sono diventato responsabile nazionale di CUORE. Nel 2012 sono stato infine eletto spokesperson di CUORE, accrescendo così la mia esperienza con la gestione dei rapporti internazionali con le istituzioni e le agenzie partecipanti. Inutile ricordare in questo ambito che CUORE è stato raffreddato con successo all'inizio del 2017 ed è attualmente in presa dati.

Il 12 Febbraio 2020 sono stato eletto Presidente della Commissione Nazionale Scientifica 2 dell'INFN, ruolo che sono onorato di coprire e che rappresenta attualmente la mia principale attività.

Al fine di chiarire meglio l'ambito in cui ho svolto la mia attività scientifica, riassumo qui di seguito alcune tra le mie pubblicazioni più rappresentative insieme ad un sunto delle presentazioni su invito a conferenze internazionali.

### Qualche pubblicazione tra le più significative

1. M. Aglietta et al (NUSEX Collaboration), **Experimental study of atmospheric neutrino flux in the NUSEX experiment**. *Europhysics Letters* 8 (1989) 611-614
2. E. Bellotti et al, **New Limits on  $\beta\beta$  Decay of  $^{76}\text{Ge}$** . *Physics Letters B* 146 (1984) 450-456
3. E. Bellotti et al, **A search for lepton number non conservation in double beta decay of  $^{136}\text{Xe}$** . *Physics Letters B* 221 (1989) 209-215
4. A. Alessandrello et al, **A cryogenic Tellurium Detector for rare events and Gamma rays**. *Physics Letters*, B247 (1990) 442-447
5. P. Anselmann et al (GALLEX Collaboration), **Solar Neutrinos Observed by GALLEX at Gran Sasso**. *Phys. Lett.* 285B (1992), 376-389
6. P. Anselmann et al (GALLEX Collaboration), **Implications of the GALLEX Determination of Solar Neutrino Flux**. *Phys. Lett.* 285B (1992), 390-397
7. P. Anselmann et al (GALLEX Collaboration), **First results from the 51Cr Neutrino Source Experiment with the GALLEX Detector**. *Phys. Lett. B* 342 (1995), 440-450
8. A. Alessandrello et al, **High energy resolution bolometers for nuclear physics and X ray spectroscopy** *Physical Review Letters*. vol.82, no. 3., 18 Jan. 1999., p.513-515
9. A. Alessandrello et al, **Preliminary results on double beta decay of  $^{130}\text{Te}$  with an array of twenty cryogenic detectors** *Physics Letters B*. vol.433, no.1 2., 6 Aug. 1998., p.156-162
10. A. Alessandrello et al, **A scintillating bolometer for experiments on double beta decay** *Physics Letters B*. vol.420, no.1 2., 19 Feb. 1998., p. 109-113



11. C. Arnaboldi et al, **Bolometric bounds on the antineutrino mass** *Physical Review Letters* 91 (2003) 161802/1.
12. C. Arnaboldi et al, **CUORE: a cryogenic underground observatory for rare events** *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research A* 518 (2004) 775.
13. E. Andreotti et al,  **$^{130}\text{Te}$  Neutrinoless Double-Beta Decay with CUORICINO.** *Phys. Rev. Lett.* 102 (2009) 212502 (arXiv:1012.3266)
14. C. Arnaboldi et al, **A novel technique of particle identification with bolometric detectors.** *Astroparticle Physics* 34 (2011) 797–804 (arXiv: 1011.5415)
15. C. Alduino et al. (CUORE Collaboration), **First Results from CUORE: A Search for Lepton Number Violation via  $0\nu\beta\beta$  Decay of  $^{130}\text{Te}$ .** *Phys. Rev. Lett.* 120 (2018) 132501 (arXiv:1710.07988)
16. D.Q.Adams et al, **Measurement of the  $2\nu\beta\beta$  Decay Half-Life of  $^{130}\text{Te}$  with CUORE,** *Phys.Rev.Lett.* 126 (2021) 17, 171801
17. D.Q.Adams et al, **High sensitivity neutrinoless double-beta decay search with one tonne-year of CUORE data,** arxiv:2104.06906

### Articoli di review

1. O.Cremonesi **Solar Neutrinos** *Rivista del Nuovo Cimento* **16** (1993)1-141
2. O. Cremonesi and M. Pavan, **Challenges in Double Beta Decay,** *Adv.High Energy Phys.* 2014 (2014) 951432 (arXiv:1310.4692)
18. M. Biassoni and O.Cremonesi, **Search for neutrino-less double beta decay with thermal detectors,** *Prog.Part.Nucl.Phys.* 114 (2020) 103803

### Review Talks e seminari su invito

Ho tenuto oltre 40 presentazioni su invito a conferenze e scuole nazionali ed internazionali, tra cui le più rilevanti:

- **Search for neutrinoless double beta decay with bolometric devices.**  
14th Weak Interactions and Neutrinos, July 19-24 1993 - Seoul, Korea
- **Low temperature detectors for neutrino physics: results and developments,** 16th Weak Interactions and Neutrinos, June 1997 - Capri, Italy
- **Present and future of low temperature detectors,** 18th International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, June 1998 - Takayama, Japan
- **Double beta decay experiments with thermal detectors,** MEDEX '99, July 1999 - Prague, Czech Republic
- **Cryogenic Detectors for Double Beta Decay,** IX Low Temperature Detectors, July 2001 - Madison (WI) USA
- **Neutrinoless double beta decay: present and future,** 20th International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics, June 2002 - Munich, Germany
- **New Cuoricino results and the CUORE project,** 5th Workshop on Neutrino Oscillations and their Origin, February 2004 - Tokyo, Japan
- **Double beta decay: Experiment and theory,** 22nd International Symposium on Lepton-Photon Interactions at High Energy, June 2005 - Uppsala, Sweden
- **Probing Neutrino low energy and mass scales,** Neutrino Oscillation Physics (NOW 2006), September 2006 - Otranto, Italy
- **Neutrino masses and Neutrinoless Double Beta Decay: Status and expectations, European Strategy for Future Neutrino Physics,** October 2009 - CERN, Geneva, Switzerland

- **Double beta decay searches**, 4th Nuclear Physics in Astrophysics, June 2009 - Gran Sasso, Italy
- **Neutrinoless double beta decay searches**, DISCRETE 2010, December 2010 - Rome, Italy
- **Developments on double beta decay search**, 11th Heavy Quarks and Leptons, June 2012 - Prague, Czech Republic
- **Neutrino masses**, The European Physical Society Conference on High Energy Physics, July 2013 - Stockholm, Sweden.
- **Experimental searches of neutrinoless double beta decay**, NOW2012 conference, September 2012 - Conca Specchiulla, Italy
- **Neutrinoless Double Beta Decay**, TAUP 2015, September 2015 - Turin, Italy
- **First results from the CUORE experiment**, TAUP2017, July 2017 - Sudbury, Canada
- **Experimental search of neutrino-less double beta decay in  $^{130}\text{Te}$** , CNNP17, October 2017 - Catania, Italy

### Altre attività

L'esperienza maturata nel campo della fisica nucleare e della radioattività, oltre che nello sviluppo di rivelatori e delle relative tecniche di analisi dei dati mi hanno spinto a collaborare con colleghi in ambiti molto lontani da quello della fisica del neutrino, mettendo a disposizione le mie conoscenze per progetti in ambito bio-medico e astrofisico.

Nell'ambito della fisica medica ho collaborato con i colleghi dell'Ospedale San Raffaele di Milano allo sviluppo di tecniche di correzione per la PET 3D basate su simulazioni delle prestazioni dei tomografi commerciali di prima generazione. In questo ambito ho sviluppato tutti i codici di simulazione (EGS4) e proceduto al confronto con le misure sui primi pazienti (ai tempi tuttivolontari).

Le tecniche di analisi dati di spettri con moltissime componenti mi ha portato a contribuire in ambito biologico allo studio di campioni di clorofilla con i colleghi del CNR di Milano.

Infine lo sviluppo di simulazioni basate sui modelli più comuni di una stella dineutroni hanno condotto ad una possibile interpretazione di un'emissione osservata dalla nebulosa del granchio.

Il contributo a queste attività è testimoniato alle pubblicazioni elencate di seguito:

1. Castiglioni et al, **Scatter correction techniques in 3D PET: a Monte Carlo evaluation** *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, Vol. **46** n. 6 (1999) p. 2053-2058
1. I. Castiglioni et al, **A Monte Carlo model of noise components in 3D PET** *IEEE Transactions on Nuclear Science* **49** (2002) 2297.
2. Castiglioni I., Cremonesi O., Gilardi M.-C., Savi A., Bettinardi V., Rizzo G., Bellotti E., Fazio F. **A Monte Carlo model of noise components in 3D PET** *IEEE Transactions on Nuclear Science Symposium Conference Record* (2002) 2036.
3. G. Zucchelli et al, **The Calculated In Vitro And In Vivo Chlorophyll Absorption Bandshape** *Biophysical Journal* **82** (2002) 378-390
4. W. Bednarek, O. Cremonesi, A. Treves **On the 440 keV line in the Crab Nebula Pulsar** *The Astroph. Journ.* **390** (1992), 48-493
5. W. Bednarek, O. Cremonesi, A. Treves **Estimates of the Compton Backscattering Feature at ~150 keV in the Crab Nebula Pulsar** *Astronomy and Astrophysics* **284** (1994) 85-90

# Curriculum Scientifico di Silvia Capelli

**Ruolo:** Professore associato presso l'Università degli Studi di Milano Bicocca

## ATTIVITÀ DI RICERCA SCIENTIFICA

La mia attività di ricerca iniziata nel 1999 con la laurea in Fisica con votazione 110/110 e Lode presso l'Università degli Studi di Milano, è stata dedicata principalmente ad esperimenti per la ricerca del decadimento doppio beta senza neutrini (DBD0n) finanziati dalla CSN2 INFN. In questo campo il mio principale coinvolgimento ha sempre riguardato la comprensione e la riduzione delle sorgenti radioattive responsabili del fondo osservato nella regione di interesse per il decadimento cercato. Tale tema è di fondamentale importanza per la ricerca di eventi rari, quali il DBD0n, al fine di incrementare la sensibilità sperimentale. Ho portato avanti questa attività inizialmente con ruolo di partecipazione, ed in seguito con ruoli di responsabilità e coordinamento di attività di analisi dati e di sviluppo di codici Monte Carlo basati sul pacchetto Geant4, volti a valutare "Background Budgets" e "Background Models" per gli esperimenti dedicati alla ricerca del DBD0n del  $^{130}\text{Te}$  in cui sono coinvolta (**MiDBD, CUORICINO, CUORE**). Il mio lavoro ha indirizzato scelte sperimentali e costruttive nello sviluppo di rivelatori di massa crescente e fondo radioattivo sempre più basso, l'ultimo dei quali consiste nell'esperimento CUORE (Cryogenic Underground Observatory for Rare Events), fatto da circa 1 t di cristalli di  $\text{TeO}_2$  e in presa dati ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dal 2017. La mia esperienza nell'ambito della radioattività per esperimenti a basso fondo è stata portata avanti anche con un ruolo di responsabilità nell'analisi di misure di spettroscopia gamma svolte nella campagna di ricerca di materiali radiopuliti da utilizzare per la costruzione di CUORE, e in misure bolometriche di validazione della radiopurezza dei cristalli di CUORE durante la fase di produzione, in modo da assicurarne la conformità rispetto alle richieste contrattuali. Nell'ambito di CUORE la sottoscritta è attualmente membro del *Background Model Working Group*. Compito di questo gruppo di lavoro è quello di analizzare lo spettro energetico ed i dati acquisiti dall'esperimento per ricavare una modellizzazione delle sorgenti di fondo che contribuiscono allo stesso. La modellizzazione dello spettro energetico di CUORE è un pilastro fondamentale per poter avere accesso alla rivelazione di eventi rari di differente origine, nascosti dal fondo stesso. Data la rarità dei processi cercati, infatti, qualunque evento radioattivo con energia nella regione di interesse va a mascherare gli eventuali eventi veri di segnale, riducendone la possibilità di osservazione. Il lavoro della sottoscritta in questo contesto è in particolare dedicato allo studio delle signature "topologiche", ovvero di asimmetrie geometriche nella distribuzione dei conteggi all'interno dei 988 rivelatori: distribuzioni asimmetriche di tassi di conteggi sui diversi "piani" o sulle diverse "torri" di cui è costituito il rivelatore sono indice di particolare localizzazione delle sorgenti radioattive via via prese in esame. L'individuazione di specifiche localizzazioni delle contaminazioni nel setup sperimentale è un ingrediente che può essere utilizzato per meglio indirizzare la procedura di fit globale degli spettri misurati, e favorire la convergenza del processo di fit ad una soluzione più realistica possibile.

Parallelamente all'attività su CUORE, la sottoscritta partecipa ad un'attività volta alla realizzazione di un futuro esperimento, **CUPID** (CUORE Upgrade with Particle Identification), per la ricerca di eventi rari, ed in particolare del DBD0n, con una sensibilità superiore a quella di CUORE, ed in grado di sondare quasi completamente la regione di gerarchia inversa della massa del neutrino. L'esperimento in questione si propone di raggiungere una condizione di quasi "zero fondo". L'idea è di utilizzare bolometri caratterizzati da una doppia lettura (calore + luce di scintillazione per composti come il  $\text{Li}_2\text{MoO}_4$ ), per discriminare il contributo dovuto a deposizioni di particelle alfa, identificate come la principale sorgente di fondo radioattivo. Tali deposizioni sono infatti caratterizzate da una resa in luce inferiore rispetto a quella dei beta/gamma (ovvero al segnale del DBD0n). Il progetto internazionale **CUPID**, è finanziato dalla CSN2 dell'INFN ed è la naturale prosecuzione di CUORE. In CUPID la sottoscritta è L3 del WBS "Background Control", nel ruolo di coordinatore del task *Screening Labs IT*. Questa attività è di fondamentale importanza per la scelta di materiali ad alta purezza radioattiva per la costruzione dell'esperimento medesimo.

Dal 2015 la sottoscritta ha iniziato anche attività di R&D partecipando a progetti finanziati dalla CSN5 INFN per lo sviluppo di rivelatori innovativi per la rivelazione di eventi rari, **FLARES** ed **ESQUIRE**. Tali rivelatori, basati sull'accoppiamento tra scintillatori (convenzionali o a Quantum Dots) e SDD, potrebbero essere in grado di combinare tutte le caratteristiche necessarie ad un esperimento ideale per il DBD0n: buona risoluzione sperimentale, scalabilità a basso costo, flessibilità nella scelta dell'isotopo e molti strumenti atti a ridurre il fondo radioattivo.

L'attività di ricerca scientifica è stata inoltre portata avanti anche con uno sguardo al più ampio contesto, teorico e sperimentale, della fisica delle particelle "elusives", ovvero neutrini e Materia Oscura. Questo è svolto in collaborazione con altre istituzioni, italiane ed estere, tramite i network finanziati dai Programmi Quadro Europei FP7-People e H2020, **INVISIBLES**, **ELUSIVES**, **INVISIBLESPUS** e **HIDDEN**, il cui scopo principale è la formazione di giovani scienziati in questo campo e lo scambio di conoscenza tra ricercatori.

### RUOLI DI RESPONSABILITÀ

- 2001–2018: **responsabile** dello sviluppo e della validazione di codici Monte Carlo, basati sul pacchetto Geant4, per la simulazione di contaminazioni radioattive ambientali, volumetriche e superficiali nel contesto degli esperimenti bolometrici con cristalli di  $\text{TeO}_2$ : MiDBD, Cuoricino, CUORE-0 e CUORE;
- 2001–2003: **corresponsabile** per la collaborazione CUORE dell'analisi delle misure dell'esperimento CUORICINO, per la ricerca del Decadimento Doppio Beta senza Neutrini ( $\beta\beta 0\nu$ ) del  $^{130}\text{Te}$ . I risultati di tale analisi hanno portato a pubblicare su rivista internazionale il miglior limite di quegli anni sul tempo di dimezzamento per questo decadimento;
- 2003: **responsabile** dell'analisi del fondo radioattivo misurato nella ROI dall'esperimento CUORICINO e dello sviluppo di un metodo per la modellizzazione del fondo

radioattivo misurato in esperimenti bolometrici per la ricerca di eventi rari. Questo lavoro è stato presentato a diverse conferenze internazionali, con relativi proceedings, e ha dato luogo ad una **pubblicazione su rivista internazionale**. I risultati ottenuti sono stati inoltre fondamentali per l'identificazione delle sorgenti radioattive potenzialmente più pericolose per la sensibilità di esperimenti bolometrici per la ricerca del  $\beta\beta 0\nu$ , e sono stati il punto di partenza per una serie di azioni volte alla riduzione del fondo radioattivo in vista dell'esperimento CUORE;

- 2003–2010: **responsabile** del software di gestione delle misure realizzate per CUORE con rivelatori al germanio HPGe presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso;
- 2003–2010: **responsabile** dell'analisi delle misure effettuate con rivelatori HPGe per la campagna di screening sulla radio-purezza di volume dei materiali costruttivi di CUORE. Sulla base dei risultati di questa attività si è effettuata la selezione dei materiali per la costruzione di CUORE;
- 2004–2010: **responsabile** dell'analisi dei dati raccolti in diversi run bolometrici di test con matrici di 8 rivelatori di TeO<sub>2</sub> (RADioactivity detectors, RAD), aventi i seguenti obiettivi: valutazione della radio-purezza superficiale di materiali del rivelatore, identificazione di tecniche per la riduzione del fondo radioattivo nella ROI, misura del fondo dovuto a neutroni ambientali, ed misura di eventuali contributi non radiativi al fondo;
- 2004 –2010: **responsabile** dell'analisi dei dati raccolti in un run bolometrico con tre matrici di 12 rivelatori di TeO<sub>2</sub> (Three Tower Test detector, TTT), fondamentale per la scelta della tecnica di trattamento superficiale da usare per il rame affacciato ai rivelatori di CUORE. I risultati di tale analisi hanno portato alla scelta della tecnica TECM (Tumbling, Electropolishing, Chemical etching and Magnetron plasma etching), in quanto dimostratasi in grado di garantire un basso fondo radioattivo nella ROI con alta riproducibilità. Il lavoro ha inoltre permesso di valutare la contaminazione superficiale del rame utilizzato, ottenendo il limite al momento più sensibile, di gran lunga superiore a quello ottenibile con tecniche più tradizionali. I risultati di questa attività sono oggetto di **pubblicazione su rivista internazionale**;
- 2005–2013: **responsabile** della valutazione, tramite simulazioni Monte Carlo, dell'impatto sul fondo radioattivo in CUORE di specifici elementi costruttivi e schermature di differenti dimensioni. Questo lavoro ha portato alla definizione dei disegni finali degli schermi di piombo e rame di CUORE e di altri elementi costruttivi;
- 2006– 2009: **responsabile** del task WP3-B2 "Underground Crystal Growth", all'interno del Working Package "Background Control", nell'ambito della Joint Research Activity 2, IDEA (Integrated Double Beta Decay European Activities), del progetto ILIAS, finanziato nell'ambito del FP6-Infrastructures;
- 2006–2009: **responsabile** dell'analisi dei dati ottenuti con misure bolometriche di test di rivelatori di TeO<sub>2</sub> prodotti dalla ditta CTI col metodo Czochralski e di rivelatori di TeO<sub>2</sub> prodotti dalla ditta SICCAS col metodo Bridgman nell'ambito del task WP3-B2

“Underground Crystal Growth”, all’interno del Working Package “Background Control”, nell’ambito della Joint Research Activity 2, IDEA (Integrated Double Beta Decay European Activities), del progetto ILIAS, finanziato nell’ambito del FP6-Infrastructures. I risultati di queste misure sono stati fondamentali per la definizione del protocollo di produzione e per la stipula del contratto con la ditta SICCAS per la realizzazione dei 988 cristalli di CUORE;

- 2007–2018: **responsabile** per la collaborazione CUORE del coordinamento del task relativo alle Simulazioni Monte Carlo nell’ambito del Working Group “Physics and Data Analysis”, gestendo la collaborazione con le altre istituzioni e coordinando la validazione e l’utilizzo dei codici usati per indirizzare importanti scelte costruttive;
- 2008–2015: **coordinatrice** della validazione, in termini di radiopurezza, dei cristalli di  $\text{TeO}_2$  da utilizzarsi nell’esperimento CUORE (Crystal Validation Runs, CCVR), al fine di valutarne la conformità alle richieste contrattuali fatte all’azienda produttrice SICCAS. Tale validazione si è basata sull’analisi di misure di test bolometriche con cristalli di  $\text{TeO}_2$  scelti a campione in ciascun batch di produzione e sull’extrapolazione delle rispettive attività di volume e di superficie utilizzando simulazioni Monte Carlo. Le richieste da soddisfare erano molto stringenti, e scritte sul contratto stipulato con la ditta produttrice. I risultati di tale lavoro, oltre ad essere fondamentali per la realizzazione di CUORE, hanno portato alla **pubblicazione di un articolo su rivista internazionale**;
- 2010: **responsabile** della valutazione del fondo atteso in CUORE dovuto a sorgenti di radioattività ambientale, a muoni cosmici e a neutroni nei laboratori sotterranei LNGS. I risultati hanno portato ad una **pubblicazione su rivista internazionale** e alla definizione del disegno costruttivo dello schermo per neutroni di CUORE;
- 2015: **responsabile** della produzione delle simulazioni Monte Carlo relative alle sorgenti del fondo su tutto lo spettro energetico dell’esperimento CUORE-0, predecessore di CUORE. Tale lavoro è stato utilizzato per la modellizzazione del fondo misurato ed ha permesso di estrapolare la misura attualmente più precisa del tempo di dimezzamento per il decadimento Doppio Beta con due neutrini del  $^{130}\text{Te}$ . I risultati sono oggetto di un articolo **pubblicato su una rivista internazionale**;
- 2015–2016: **responsabile** della produzione delle simulazioni Monte Carlo relative alle possibili sorgenti di fondo nella ROI per l’esperimento CUORE. Questo lavoro è stato fondamentale per la valutazione del Background Budget di CUORE e per la valutazione della sensibilità raggiungibile da CUORE, oggetto di articolo in fase di sottomissione a rivista internazionale;
- 2016: **responsabile** dello studio e della valutazione, tramite simulazioni Monte Carlo, del fondo sperimentale atteso nella ROI dell’esperimento CUORE. I risultati di tale lavoro sono stati fondamentali per rispondere a specifiche richieste da parte degli enti finanziatori italiani e americani e sono oggetto di un **articolo pubblicato su rivista internazionale**;

- 2012–2014: **membro del Vetting Board** dell'esperimento CUORE, organo interno il cui compito è certificare e mettere a disposizione della collaborazione informazioni e risultati degli esperimenti Cuoricino, CUORE-0 e CUORE, divulgabili in contesti internazionali quali seminari e conferenze;
- 2015–oggi: **membro del CUORE Council**;
- 2016– 2018: **responsabile** del *Simulation Working Group* di CUORE;
- 2019–oggi: **coordinatore L3** del task *Screening Labs IT* per il WBS *Background Control* del Technical Board di CUPID;
- 2020–oggi: **membro del CUORE Speakers Board**.

### PERCORSO PROFESSIONALE

- Tre borse di studio: **Borsa di studio annuale INFN** per laureandi (bando N. 7199/98), **Borsa di studio semestrale INFN** per neolaureati (Bando n. 8424/00), **Borsa di studio di dottorato** presso l'Università degli Studi di Milano;
- Due premi: **Premio di Tesi di Laurea** bandito dalla ora disciolta Associazione Criogenica Italiana, **Premio di seconda migliore comunicazione** presso l'88mo Congresso Nazionale SIF - Alghero, Italia.
- Febbraio 2001–Maggio 2001: **Prestazione occasionale di collaborazione** per “*Misure e analisi di contaminazioni radioattive di materiali per esperimenti a bassi tassi di conteggio*” – Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca;
- Febbraio 2005–Aprile 2005: **Prestazione occasionale di collaborazione** per “*Scrittura codice Montecarlo per simulazione di efficienze per rivelatori gamma al germanio per campioni di formato non standard*” – Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca;
- Maggio 2005–Maggio 2006: **Assegno INFN di ricerca scientifica** (2 anni), Bando N. 10590/04 per: “*Studio dell'attivazione cosmogenica in cristalli di  $TeO_2$  mediante simulazioni e test sperimentali*” – Sezione INFN di Milano;
- Maggio 2006–15 Dicembre 2008: **Assegno di ricerca universitario** (2+2 anni), D.R. 12318 del 27/10/2005 per: “*Fisica Sperimentale delle particelle elementari*” – Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca;
- Dal 15 Dicembre 2008 al 14 marzo 2017: **Contratto da ricercatore a tempo indeterminato** per il settore scientifico-disciplinare **FIS/04** – Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca;

- Dal 15 marzo 2017: **Contratto da Professore di II fascia** per il settore scientifico-disciplinare **FIS/04** – Dipartimento di Fisica dell’Università degli Studi di Milano Bicocca.

## PARTECIPAZIONE A PROGETTI NAZIONALI E INTERNAZIONALI

### PROGETTI FINANZIATI IN SEGUITO A BANDI COMPETITIVI

- 2001–2003: **Progetto nazionale PRIN** finanziato nel 2001 e della durata di 24 mesi dal titolo “*Tecnologia ed applicazioni di microrivelatori criogenici*”, con responsabile locale Prof. E. Fiorini;
- 2006–2008: **Progetto nazionale PRIN** finanziato da MIUR - programmi di ricerca - anno 2006 e della durata di 24 mesi dal titolo “*Ottimizzazione di rivelatori bolometrici per la fisica del neutrino*”, con responsabile locale Prof. E. Fiorini, poi sostituito da Prof. C. Brofferio;
- 2006–2009: **Progetto internazionale ILIAS** “*Integrated Large Infrastructures for Astroparticle Science*”, finanziato nell’ambito del FP6-Infrastructures (Contratto N. RII3-CT-2004-506222). Working Package “Background Control”, nell’ambito della Joint Research Activity 2, IDEA “*Integrated Double beta decay European Activities*:
  - task WP3-B1 “*Cosmogenic Induced Activity*”;
  - task WP3-B2 “*Underground Crystal Growth*”;
  - task WP3-B3 “*Rejection of Surface Radioactivity*”.
- 2011–2013: **Progetto regionale SMELLER** “*Sistema di Monitoraggio Emissioni di singoLi veicoLi in tEmpo Reale*, con responsabile Tisato Francesco;
- 2012–2015: **Progetto nazionale PRIN** finanziato da MIUR - programmi di ricerca - anno 2010-2011, dal titolo “*Sviluppo di rivelatori a bassissima radioattività per lo studio della massa e della natura del neutrino tramite il doppio decadimento beta*”, con responsabile nazionale Prof. S. Ragazzi;
- 2012–2016: **Progetto europeo INVISIBLES**, finanziato nell’ambito del FP7-People, Marie Curie Actions, PITN-GA-2011-289442: task “*Exp - Neutrino*”;
- 2016–2019: **Progetto europeo INVISIBLESPLUS**, finanziato dal programma quadro H2020 MSCA-RISE-2015, Grant N. 690575;
- 2016–2019: **Progetto europeo ELUSIVES**, finanziato dal programma quadro H2020 MSCA-ITN-2015, Grant N.674896;



- 2020–oggi: **Progetto europeo HIDDEN**, finanziato dal programma quadro H2020-MSCA-ITN-2019, Grant N. 860881;
- 2021–oggi: **Progetto DART WARS**, vincitore di bando call competitiva per lo ”Sviluppo di tecnologie quantistiche per i settori di fisica di interesse Infn,Àù.

## PROGETTI FINANZIATI DA ENTI PUBBLICI O PRIVATI

- 2001–2002: **Progetto nazionale MiDBD** finanziato dalla CS2 dell’INFN, situato presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso;
- 2001–2003: **Progetto internazionale CUORICINO** finanziato dalla CS2 dell’INFN e da altre istituzioni straniere, situato presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso;
- 2003–oggi: **Progetto internazionale CUORE** “*Cryogenic Underground Observatory for Rare Events*”, finanziato dalla CS2 dell’INFN e da altre istituzioni straniere, situato presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso;
- 2005–2009: **Progetti internazionali Mi-Beta e MARE** finanziato dalla CS2 dell’INFN;
- 2008–2015: **Progetti di Ateneo** per misure di radioattività, per sviluppo di bolometri scintillanti, per rivelatori di luce.
- 2010–2012: **Progetto nazionale TELMA** “*Trace ELement MeAsurements*”, finanziato dalla CS5 dell’INFN;
- 2015–2018: **Progetto nazionale FLARES** “*Flexible scintillation Light Apparatus for Rare Events Searches*”, finanziato dalla CS5 dell’INFN;
- 2016–oggi: **Progetto nazionale CUPID** “*CUORE Upgrade with Particle IDentification*”, finanziato dalla CS2 dell’INFN, e situato presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso
- 2018–2020: **Progetto nazionale ESQUIRE** “*Experiment with Scintillating QUantum dots for Ionizing Radiation Events*”.

## INCARICHI ISTITUZIONALI

### MEMBRO DI COMMISSIONI

- Membro di commissione in n.15 concorsi per il conferimento di assegni di ricerca
- Membro di commissione in n.5 concorsi per il conferimento di borse di studio

- Membro di commissione in n.1 concorsi per il reclutamento di n.1 unità di personale tecnico universitario
- Membro di commissione in n.1 concorsi per la selezione di collaborazioni studentesche
- Membro di commissione in n.2 concorsi per la selezione RTDA
- Presidente di commissione in n.1 concorsi per la selezione RTDA
- Membro di commissione in n.1 concorsi per la selezione di n.1 ESR PhD
- Membro di commissione in n.5 concorsi per il conferimento di incarichi di lavoro a progetto
- Membro di commissione in n.1 concorso per la selezione relativa al concorso per l'assunzione, di unità di personale con contratto di lavoro a tempo determinato per la sezione INFN di Milano Bicocca
- Membro di commissione per il finanziamento di 6 progetti per giovani ricercatori e ricercatrici (CSN5 INFN)

#### RUOLI DI RAPPRESENTANZA

- 2007– 2010: **Rappresentante degli Assegnisti di Ricerca** del Dipartimento di Fisica “G. Occhialini” dell’Università di Milano Bicocca
- 2012–2020: **Rappresentante del Personale Ricercatore** per la Sezione INFN di Milano Bicocca

#### RUOLI DI GESTIONE E COORDINAMENTO

- 2016–2020: **Responsabile locale** presso la sezione di Milano Bicocca del progetto Europeo ELUSIVES, finanziato dal programma quadro H2020 MSCA-ITN-2015, Grant N.674896.
- 2016–2020: **Responsabile locale** presso la sezione di Milano Bicocca del progetto Europeo INVISIBLEPLUS, finanziato dal programma quadro H2020 MSCA-RISE-2015, Grant N. 690575.
- 2016: **Responsabile locale** presso la sezione di Milano Bicocca del progetto CUORE, finanziato dalla CSII dell’INFN, con un BUDGET assegnato di euro 196500 (+ euro 81000 sub-judice) e 12.1 FTE (10 Ricercatori, 1.1 Tecnologi, 1.0 Tecnici).
- 2017: **Responsabile locale** presso la sezione di Milano Bicocca del progetto CUORE, finanziato dalla CSII dell’INFN, con un BUDGET assegnato di euro 149000 e 11.4 FTE (8.2 Ricercatori, 1.3 Tecnologi, 1.9 Tecnici).

- 2020–oggi: **Responsabile locale** presso la sezione di Milano Bicocca del progetto Europeo HIDDeN, finanziato dal programma quadro ITN project (H2020-MSCA-ITN-2019, Grant N. 860881-HIDDeN).
- 2020–oggi: **Coordinatore locale delle attività di gruppo V INFN** presso la sezione di Milano Bicocca e come tale membro della Commissione Scientifica Nazionale 5 dell'INFN.
- 2021: **Membro** del comitato del dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca per la campagna VQR 2015-2019.
- 2021: **Referente** INFN presso la sezione di Milano Bicocca per la campagna VQR 2015-2019.

### ALTRI TITOLI

- 2021-2022: **Referee** per la Commissione Scientifica Nazionale V INFN dei Grant Giovani PHOTOTRAP(2021-2022) e GALORE (2022-2023) e della sigla RD\_PTOLEMY(2022-2024)
- 2022: **Reviewer** di un articolo sottomesso a JINST dal titolo “The NEWS-G detector at SNOLAB”
- **Conveener** a quattro conferenze internazionali: NOW2012, TAUP2013, ICHEP 2014, TAUP2021
- **3 talk di REVIEW su invito** sugli aspetti sperimentali del Decadimento Doppio Beta Senza Neutrini
- **9 talk su invito** sui risultati sperimentali di CUORICINO e CUORE
- **5 contributi** sui risultati di CUORICINO e CUORE
- **2 seminari** su invito su CUORICINO e CUORE
- Autrice di **184 pubblicazioni** indicizzate da **SCOPUS**, con 4154 citazioni e h-index pari a 35. Di queste **115** sono su riviste scientifiche internazionali e **69** sono su atti di conferenza.

### ATTIVITÀ DIDATTICA

Curriculum vitae  
di  
Paolo Dini

**Occupazione attuale:**

Ricercatore a tempo indeterminato (III livello) presso la sezione INFN di Milano-Bicocca.

**Formazione Universitaria e Professionale:**

- 2019 Partecipazione alla stesura dello “*Yellow report 2019*” per lo “*European Strategy for Particle Physics*”.
- 2019 Nomina a *Level 3* per CMS (*Offline Computing*).
- 2018 Ricercatore a tempo indeterminato (III Livello).
- 2016-2020 Rappresentante dei Tecnologi della Sezione di Milano Bicocca.
- 2011 Partecipazione al BPH (*B Physics working group*) di CMS.
- 2010 *Site Security Officer* e *Site Operation Manager* del Tier 3 di CMS.
- dal 2008 Tecnologo a tempo indeterminato presso il centro di calcolo della Sezione INFN di Milano Bicocca a seguito delle procedure di stabilizzazione.
- 2000-2007 Tecnologo a tempo determinato presso il centro di calcolo della sezione INFN di Milano fino al 2005. Vincitore della selezione nazionale INFN MI/T3/170/2005 per un secondo contratto con lo stesso inquadramento. Responsabile del software per le analisi Dalitz del gruppo E831-Focus di Milano.
- 1997-1999 Dottorato di Ricerca in Fisica (XII Ciclo).  
Titolo della tesi: “Studio del mesone  $D_s^+$  nell'esperimento di fotoproduzione FOCUS-E831 al Fermilab (Batavia, Chicago, Illinois, USA): analisi ad ampiezze coerenti del decadimento  $D_s^+ \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^+$ ”.
- Agosto 1996-1997 Partecipazione alla presa dati dell'esperimento E831-Focus presso il Tevatron del Fermilab (Batavia, Chicago, Illinois, USA).
- 1995-1996 Servizio Civile presso il Comune di Milano.
- 6 Luglio 1995 Laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Milano conseguita il 6 Luglio 1995. Votazione finale: 110/110 e lode. Titolo della

tesi: "Studio ad altissima statistica delle particelle con *charm* al Tevatron di Fermilab".

1988-1994  
1987

Corso di Laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Milano.  
Maturità Scientifica (60/60) presso il XII Liceo Statale "*Bertrand Russell*", Milano.

### **Ruoli di responsabilità**

- Level 3 per l'esperimento CMS ("Opportunistic resource monitoring system").
- Responsabile del Tier 3 di CMS e del cluster dei servizi di sezione
- Rappresentante dei Tecnologi in Sezione fino al 2020.
- RUP per acquisto apparati di calcolo per la Sezione.
- Co-editor dell'Analysis Note "Full angular analysis of decay  $B^0 \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$  at 13 TeV" (CMS Analysis Note AN-18-138).
- Co-autore di 326 pubblicazioni (dati INSPIRE)

### **Lingue straniere**

Inglese (scritto e parlato)

### **Linguaggi di programmazione**

C++, Fortran, Python, Perl, PHP.

### **Sistemi operativi installati ed utilizzati**

Linux, Windows, Digital Unix, AS400.

### **Software**

ROOT/RooFit (Data Analysis Framework) ; GooFit (CUDA/Open MP Fitting Framework);  
Tensorflow/Keras (*end-to-end open source platform for machine learning*), foglio di calcolo Calc  
(Libreoffice/OpenOffice).

### **Batch system**

OpenPBS, HTCondor

### **File System di rete**

GPFS, eos ,cvmfs, afs

### **Metodologia di analisi dati in Fisica**

Analisi angolare , misura della vita media, misura delle frazioni di decadimento, analisi ad ampiezze coerenti. Uso di *Machine Learning* nella ricostruzione dei segnali in fisica.

## Attività in Fisica delle Alte Energie

Ho svolto la mia attività come fisico sperimentale delle Alte Energie, occupandomi di analisi complesse nel campo degli *Heavy Flavour*: analisi ad ampiezze coerenti del Dalitz plot (mesoni D), analisi di decadimenti rari (mesone  $B_c$ ), analisi angolari (mesone  $B^0$ ). Inoltre, essendo la fisica degli *Heavy Flavour* un laboratorio fertile di innovazioni dal punto di vista del calcolo scientifico, mi sono occupato anche di computing, sia in ambito procedurale e metodologico (uso di GPU per parametrizzazioni di funzioni tridimensionali ad altissima statistica, parallelizzazione dell'analisi dati), che in quello infrastrutturale (realizzazione di cluster di calcolo).

Partecipo alla collaborazione di CMS nell'ambito *B Physics Group* e attualmente mi sto occupando dell'analisi angolare " $B^{0-} K^{*0} \mu^+ \mu^-$ " condotta sui dati raccolti a  $\sqrt{s}=13$  TeV.

Questo decadimento è un processo raro, che prevede una transizione di sapore ( $b \rightarrow s$ ) del quark coinvolto (*Flavour Changing Neutral Current*); essendo mediato dalla corrente neutra, può procedere solo attraverso diagrammi di ordine superiore e, per questo motivo, è sensibile ai contributi virtuali di particelle non previste dallo Standard Model, che potrebbero avere masse non direttamente misurabili alla scala delle energie accessibile a LHC.

Nell'ambito di quest'analisi ho sviluppato un software basato su *GooFit* per la computazione parallelizzata su GPU di *Unbinned Maximum Likelihood* usate nel calcolo dell'efficienze e della parametrizzazione dei fondi angolari in uno spazio tridimensionale. Inoltre, ho sviluppato una *Deep Neural Network* per lo studio Dalitz dell'analisi del canale di controllo  $B^{0-} K^{*0} J/\psi$ .

Ho partecipato alla stesura dello Yellow report 2019 in preparazione alla European Strategy for Particle Physics, lavorando nel *Working Group 4* sul tema "*Opportunities in flavour physics at the HL-LHC and HE-LHC*". Mi sono occupato, in particolare, delle proiezioni sulla sensitività dell'analisi  $B^{0-} K^{*0} \mu^+ \mu^-$  nelle condizioni di *High Luminosity* di LHC a  $3000 \text{ fb}^{-1}$ .

In precedenza, ho lavorato nell'analisi sulla misura della vita media del mesone  $B_c$  (pubblicazione nel 2017: DOI 10.1140/epjc/s10052-018-5929-3).

Durante gli anni della tesi di dottorato mi sono occupato delle analisi Dalitz dei mesoni D condotte sui dati collezionati dall'esperimento Focus/E831 al Fermilab. In particolare, ho scritto il software delle analisi usato dalla collaborazione di Milano e ho lavorato alle analisi dei decadimenti dei mesoni  $D^s$  e  $D^+$  in tre pioni carichi, pubblicate nel 2004 (DOI: 10.1016/j.physletb.2004.01.065) e nella  $D^+$  in  $K^+ \pi^+ \pi^+$  (pubblicata nel DOI: 10.1016/j.physletb.2004.01.065). Sono stato, inoltre, il primo a studiare e a presentare in collaborazione i canali  $D^+$  e  $D_s$  in  $K^+ K^+ K^+$ , quest'ultimo osservato per la prima volta. (analisi pubblicata nel 2002 DOI: 10.1016/S0370-2693(02)02240-2).

Collaboro agli studi sull'uso delle risorse di calcolo "opportunistiche" (HPC, risorse eterogenee, Cloud), il cui utilizzo è considerato determinante per poter soddisfare alle future richieste di calcolo degli esperimenti per High-Luminosity LHC. Ho progettato e realizzato il Tier 3 per la collaborazione CMS nella Sezione di Milano-Bicocca (registrato come T3\_IT\_MIB nella *Worldwide LHC Computing Grid*), di cui sono il *Site Manager*.

## Attività in campo tecnologico

Mi sono occupato della progettazione e realizzazione di diversi cluster Linux, sia per il servizio calcolo di Sezione che per gli esperimenti (esperimenti CMS, Harp, MICE, Cuore, AMS). In particolare, sono responsabile del cluster principale del servizio calcolo *virgilio* (lettura mail /web server, calcolo interattivo, virtualizzazione, backup) e del Tier 3 di CMS. Entrambi i cluster sono stati realizzati con tecnologia *Fibre Channel*, con connessione ridondate ad alte prestazioni verso i sistemi di storage e possono essere descritti come delle *Storage Area Network*.

Il cluster dei servizi è dotato di un *load balancer* al fine di distribuire il carico delle connessioni in maniera bilanciata sui server; è inoltre fornito di un servizio di virtualizzazione sul quale sono attive le macchine virtuali a disposizione della sezione e dei gruppi di ricerca. I file system GPFS dello spazio su disco usato per i mail e le *home directory* degli utenti sono configurati in parallelo su due sistemi di storage ridondate di uguali prestazioni e capacità, in maniera da garantire un'alta resilienza in caso di guasti hardware e interruzioni di corrente.

Il Tier 3 di CMS è stato progettato per garantire una piattaforma di calcolo flessibile alla collaborazione CMS della Sezione. Il cluster è dotato di 750 core virtuali organizzati in un pool di htcondor, tre GPU per il calcolo parallelo, e oltre 300 TB in RAID5. È connesso a WLCG attraverso una *User Interface* ed uno *Storage Element* dotato di un servizio *xrootd* appartenente alla federazione di CMS.

Le aree utenti al CERN ed il software di CMS sono resi disponibili attraverso i *file system* di rete *cvmfs*, *eos* e *afs* importati su ciascun server del cluster.

Ho seguito la gestione degli impianti della sala calcolo congiunta Sezione-Dipartimento di Fisica "G.Occhialini" a partire dal suo allestimento nel 2010, tenendo in tutti questi anni i contatti con i responsabili delle infrastrutture di Ateneo e le aziende incaricate della loro manutenzione. Mi sono inoltre occupato di tutta la parte di impiantistica di cui si è fatta carico a Sezione per ragioni di opportunità ed efficienza.

Dott. Paolo Dini

- Attività didattica svolta presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca:
  - **tutoraggio** per i corsi di Esperimentazioni di Fisica, Laboratorio di Informatica per la Fisica I, Laboratorio di Fisica
  - **Corsi:** Acquisizione ed Elaborazione dei Segnali, Laboratorio di Fisica, Laboratorio I, Laboratorio II, Esperimentazioni di Fisica Nucleare e Subnucleare
  - **Esercitazioni** per il corso: Analisi Statistica dei Dati
  - **Correlatore** di 5 tesi di Laurea in Fisica;
  - **Relatore** di 9 tesi di Laurea in Fisica e di 1 tesi di Laurea Magistrale in Fisica;
  - **Supervisor** di una tesi di dottorato in Fisica.
- Attività didattica svolta presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'ambiente dell'Università degli Studi di Milano Bicocca: corso e laboratorio di Fisica Applicata.
- Attività didattica svolta presso il Dipartimento di Fisica dell'Università Vita-Salute S.Raffaele : esercitazioni per il corso di Fisica Medica.

Milano, 24 ottobre 2022

Firma